

**ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ГРП НА ЯКІСТЬ ГІДРОДИНАМІКИ  
ПРИ НЕОДНОРІДНОМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННІ**

магістрант Шевченко Я.М., д.т.н., проф. Корнієнко Я.М.,  
к.т.н., ас. Гайдай С.С.

**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Застосування техніки псевдозрідження для проведення процесів грануляції рідких гетерогенних систем, зокрема при виробництві органо-мінеральних добрив, дозволяє підвищити коефіцієнт використання теплоти більш ніж на 50% [1].

Ефективність процесу обумовлена рушійною силою масопередечі між зріджуючим теплоносієм та твердими частинками. Для підвищення інтенсивності, яка визначається швидкістю молекулярної дифузії, необхідно збільшувати поверхню контакту фаз, що призводить до необхідності нарощування висоти шару зернистого матеріалу. Оскільки початкова висота шару  $H_0$  в декілька разів перевищує висоту пробою газового струменю  $Y_{\phi}$ , в апараті реалізується режим барботажного псевдозрідження, який не здатен забезпечити якісне об'ємне перемішування матеріалу та призводить до утворення застійних зон на поверхні газорозподільного пристрою (ГРП).

Авторами [2] доведено, що стійка кінетика грануляції в апараті з псевдозрідженим шаром забезпечується при реалізації неоднорідного автоколивального струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження, який значно підвищує коефіцієнти перенесення теплоти та вологи, а також здатен забезпечити якісне об'ємне перемішування зернистого матеріалу, та мінімізувати ризик утворення застійних зон. Однак, коли енергії газового струменю в точці А, рисунок 1, недостатньо, в зоні Д починає утворюватися застійна зона ( $L$ ), що може привести до оплавлення гранул на робочій поверхні ГРП.

Рівняння для визначення кінетичної енергії, Дж:

$$E_k = \frac{\rho_z \cdot w_{\text{щ}1}^2 + w_{\text{щ}2}^2}{2} \quad (1)$$

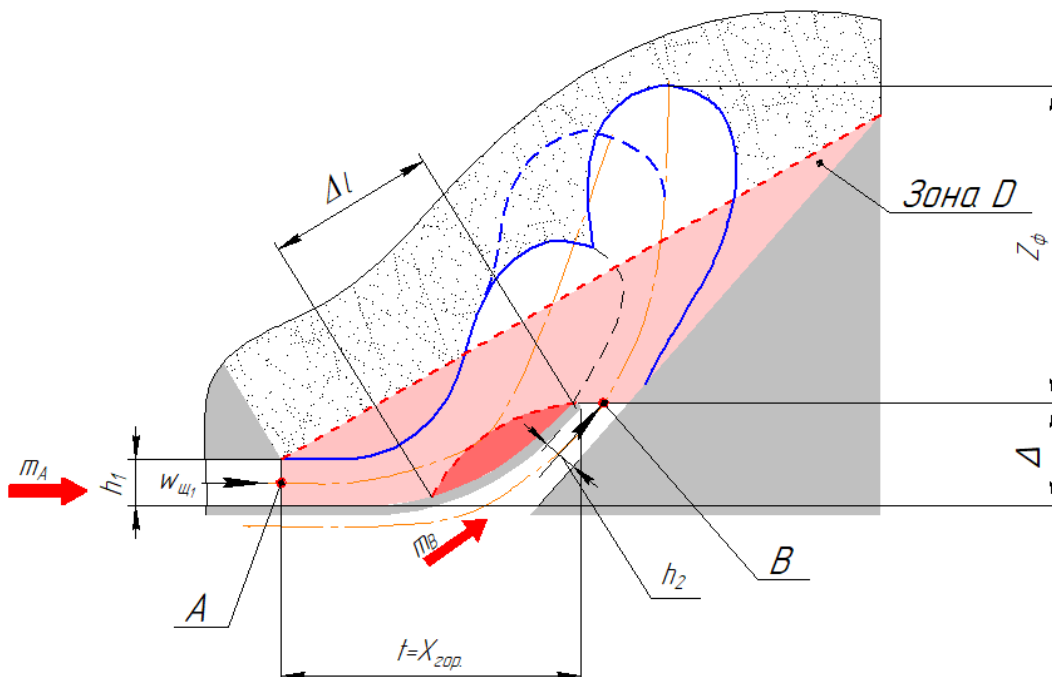


Рисунок 1 – До визначення якості на робочій поверхні ГРП

де  $\rho_z$  – густина зріджуючого агента,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\varphi$  – коефіцієнт живого перерізу ГРП:

$$\varphi = \frac{F_{\text{щ}}}{A \cdot B} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де  $A \cdot B$  – геометричні розміри апарата в перетині ГРП;  $F_{\text{щ}}$  – сумарна поверхня щілин,  $\text{м}^2$ :

$$F_{\text{щ}} = (h_1 + h_2)B, \quad (3)$$

де  $h_1$  та  $h_2$  – висоти щілин ГРП, м, рисунок 1.

Швидкість газу в щілинах визначається за виразом:

$$w_{\text{щ}1} = \frac{Q}{\varphi \cdot A \cdot B}, \quad (4)$$

де  $Q$  – об'ємні витрати повітря при даній температурі,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

З виразу (1) випливає, що величина кінетичної енергії залежить від швидкості в щілинах ГРП, рівняння (4), яка при постійних витратах зріджувального агента  $Q$  залежить від коефіцієнта живого перерізу  $\varphi$ .

Тому доцільно проводити дослідження впливу зміни  $\varphi$  у розробленій конструкції ГРП [3] на гідродинамічний режим псевдозрідження.

Дослідження гідродинаміки проводились у камері гранулятора з розмірами  $A \times B \times H = 0,3 \times 0,11 \times 1,5$  м. У якості зернистого матеріалу використовувалися гранульовані органо-мінеральні добрива з еквівалентним діаметром  $d_e = 2,07$  мм та густиною  $\rho_T = 1450$   $\text{кг/м}^3$ .

В результаті проведених досліджень одержано залежність коефіцієнту гідравлічного опору ГРП при зміні коефіцієнту живого перерізу  $\varphi$ , рисунок 2, та встановлено величину швидкості в щілинах ГРП, рисунок 3.

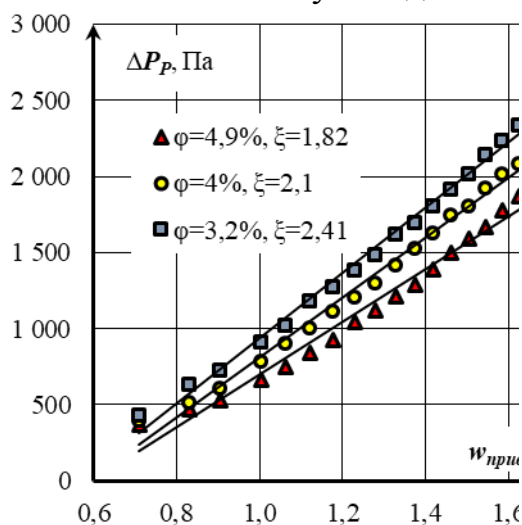


Рисунок 2 – Залежність гідравлічного опору ГРП від приведеної швидкості в апараті

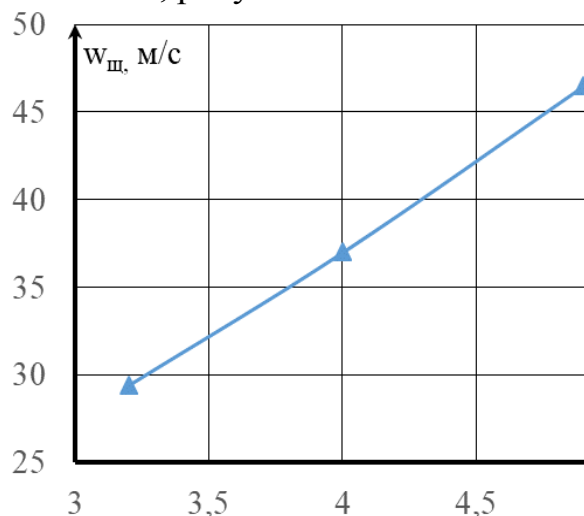


Рисунок 3 – Залежність зміни швидкості в апараті при  $Q=const$  м³/с, від коефіцієнту живого перерізу ГРП

Зменшення коефіцієнта живого перерізу  $\varphi$  від 4,9% до 3,2% супроводжується збільшенням коефіцієнта гідравлічного опору на 32%, рисунок 2 та підвищенням швидкості газу в щілинах ГРП на 58,2%, рисунок 3.

Дослідним шляхом було визначено, що застосування ГРП щілинного типу з коефіцієнтом живого перерізу  $\varphi=4,9\%$  забезпечує якісний автоколивальний струменево-пульсаційний режим псевдозрідження при значеннях  $H_0=0,32\div 0,37$  м, при  $H_0=0,42\div 0,52$  м якісний гідродинамічний режим забезпечується при  $\varphi=4\%$ , а використання ГРП з  $\varphi=3,2\%$  забезпечує відсутність застійних зон на робочій поверхні ГРП при висоті шару зернистого матеріалу  $H_0=0,6$  м. За результатами досліджень одержано криві псевдозрідження та визначено швидкості початку якісного режиму. Для кількісної оцінки якості гідродинаміки було використано метод Тагуті, який дозволяє розрахувати показник втрати якості гідродинаміки [4]:

$$L_D = K_1 \left( [\varepsilon_D] - \varepsilon_{D_i} \right)^2 + K_2 \left( \frac{[\delta] - \delta_i}{l} \right)^2, \quad (5)$$

де  $K_1 = 0,3$  та  $K_2 = 0,7$  – вагові коефіцієнти;  $\varepsilon_D$  – експериментально визначене поточне значення порозності;  $[\delta] = 0,01l$ , м;  $l$  – довжина хорди пластини ГРП, м.

Узагальнення експериментальних досліджень виконано у вигляді залежностей зміни порозності шару в зоні Д  $\varepsilon_D=f(H_0)$ , рисунок 4 та функції втрат якості гідродинаміки  $L_D=f(H_0)$ , рисунок 5. З графіків випливає, що порозність в зоні Д  $\varepsilon_D \geq 0,85$ , а функція втрат якості  $L_D \leq 0,1$ , що свідчить про забезпечення якісного гідродинамічного режиму в зоні Д, рисунок 1.

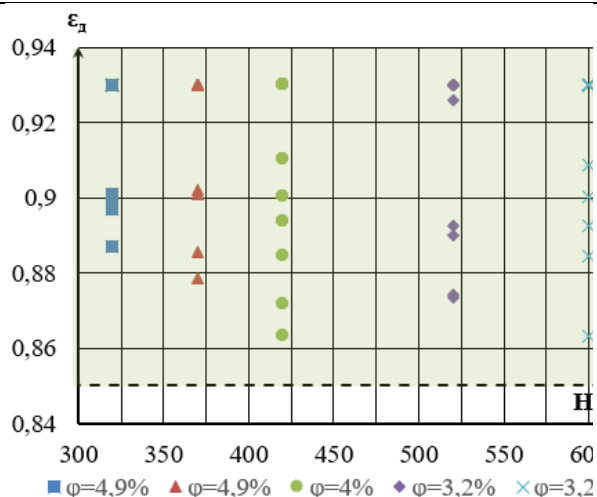


Рисунок 4 – Залежність порозності в зоні Д від висоти шару –  $\varepsilon_d = f(H_0)$

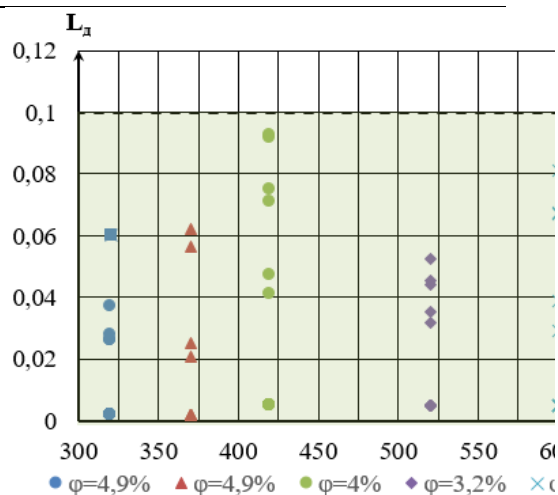


Рисунок 5 – Залежність функції втрат якості від висоти шару –  $L_d = f(H_0)$

За результатами проведених досліджень встановлено, що зменшення коефіцієнта живого перетину ГРП дозволяє підвищити швидкості в щілинах ГРП та збільшити кінетичну енергію газового струменю, що забезпечує якісний гідродинамічний режим в зоні Д при збільшенні початкової висоти шару зернистого матеріалу.

#### Перелік посилань:

1. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // Монографія для студентів, які навчаються за напрямком «Машинобудування» спеціальність «Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів». К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 206 с.
2. Гайдай С.С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. К.: 2018. – 24 с.
3. Пат. UA 136196 U України, МПК B01J 8/44. Газорозподільний пристрій апарата псевдозрідженого шару / Шевченко Я. М., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Денисенко В.Р., // Опубл. 18.02.2019 – Бюл. № 15.
4. Клячкин В. Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии: учеб. пособие / В. Н. Клячкин. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М. – 2009. – 304 С.